

CS-20

観測波長の異なる SAR データを適用した場合の 斜面崩壊危険箇所評価について

東京理科大学理工学部* 正会員 大林 成行、小島 尚人、松島 康人
日本道路公団試験研究所** 正会員 川井田 実

1. はじめに

筆者らは斜面崩壊が発生する「位置」と「規模」を事前に把握することを目的として、地形や表層地質、土壌といった各種地理情報と衛星リモートセンシングデータ(以下、衛星データ)を融合利用できる斜面安定性評価モデル(SSE model:Slope Stability Evaluation model using satellite data and geographical information)を開発し、数々の適用事例を通して広域にわたる崩壊危険箇所の事前評価に有効であることを示してきた¹⁾。これまでの研究は地理情報と光学センサデータを併用して崩壊危険箇所を評価した点の特徴であったが、最近、種々の分野で研究事例が見られるようになってきた合成開口レーダデータ(以下、SAR データ: Synthetic Aperture Radar data)の適用性について検討することは避けては通れない課題となってきた。昼夜全天候型の SAR から観測されるデータは、観測波長や局所入射角等の違いに伴って後方散乱特性が異なるといった特長を持ち、地表面粗度や地形形状を反映した画像特徴として崩壊危険箇所評価への適用が期待できる。

そこで、本研究ではカナダが打ち上げた RADARSAT から観測される SAR データ(Cバンド観測: 以下 R-SAR と呼ぶ)および我が国が打ち上げた JERS-1 から観測される SAR データ(Lバンド観測: 以下、J-SAR と呼ぶ)を崩壊危険箇所評価に適用した場合の効果について比較するとともに、観測波長の異なる SAR データの崩壊危険箇所評価への活用方法を提示する。

2. 本研究の前提条件

(1) 対象領域: 評価対象領域は、現在建設中の東九州自動車道沿線の梅が谷地区(鹿児島県)である。この地区は自然シラスの侵食谷と侵食崖が広く分布し、崩壊危険箇所の事前把握が必要な地域となっている。

(2) 素因データの準備: 本研究で使用した素因データは「地形、地質、土壌、現存植生、標高、斜面方位、傾斜区分、起伏量、谷密度、SAR データ」といった10種類である。「地形、表層地質、土壌、現存植生」は、土地分類基本調査の成果図面を数値化し、「標高、斜面方位、傾斜区分、起伏量、谷密度」は数値地形モデル(DTM: Digital Terrain Model)から作成した。また、SAR データについては観測時期がほぼ同一となるように観

測要求を出し、次の2種類のデータを取得した。

① R-SAR(Cバンド): 1997年7月15日観測

② J-SAR(Lバンド): 1997年7月11日観測

(3) レイオーバ領域の取り扱い: レイオーバ領域については、後方散乱係数の値が欠損することから、内挿補間することが一般的であるが、補間方法や補間精度が問題となる。また、内挿データを用いると SSE モデルの評価結果の信頼性が保証されないことから、本研究ではレイオーバ領域は、数量化Ⅱ類に言う「質的カテゴリ」として設定した上で、SSE モデルに適用することとした。判別基準となるトレーニングデータ(既崩壊地)がレイオーバ領域に分布すれば危険箇所評価結果に反映されることになる。

3. データ構造の分析

SSE モデルでは数量化Ⅲ類を介してあらかじめ設定した素因間の相関係数を計算するとともに、互いに相関の高い因子のいずれか一方を除去した上で、斜面安定性評価図を作成する。ここで、相関の高い因子の組を判断する閾値が問題となるが、筆者らの今までの検討と統計処理上の一般的な判断として、本研究では0.7以上のものを削除の対象となる組とした。数量化Ⅲ類によって計算した素因間の相関係数を表-1に示す。表中、相関の高いものを枠で囲ってある。なお、表-1では判りやすくするために、数量化Ⅱ類の偏相関係数が高い順に並べてある。この結果から次のことが読みとれる。

① 傾斜区分は起伏量と相関が高い。偏相関順位は起伏量よりも低いことから、斜面安定性評価図を作成する際の素因データとして傾斜区分は採用されない。

② R-SAR と J-SAR の相関は低く、独立性が高い。これは、R-SAR と J-SAR の後方散乱特性が異なることに起因する。R-SAR と J-SAR はいずれも他の地理情報との相関も低く、斜面安定性評価図を作成する際の素因データとして採用できる。

③ R-SAR の方が J-SAR に比べて偏相関係数の順位が高く、トレーニングデータ(既崩壊斜面)を説明付ける上で優位である。

以上のカテゴリー分析結果のもとに、R-SAR と J-SAR の適用効果を明らかにするために次の2ケースを設定し、斜面安定性評価図を作成することとした。

ケース A: R-SAR + 地理情報

ケース B: J-SAR + 地理情報

3. 斜面安定性評価図の分析

(1) 2群判別結果: SSE モデルでは、数量化Ⅱ類

キーワード: 崩壊危険箇所評価、SAR データ、地理情報

*〒278-8510 千葉県野田市山崎2641

Tel: 0471-24-1501, e-mail: kojima@jr.noda.sut.ac.jp

**〒194-8508 東京都町田市忠生1-4-1

Tel: 042-791-1621, e-mail: kawaida@jhri.japan-highway.go.jp

表－1 素因間の相関係数（数量化Ⅲ類）

	起伏	傾斜	R-SAR	現存	地形	標高	J-SAR	土壌	方位	表層
起伏量	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—
傾斜区分	×	0.950	—	—	—	—	—	—	—	—
R-SAR	○	0.249	0.242	—	—	—	—	—	—	—
現存地生	○	0.402	0.385	0.197	—	—	—	—	—	—
地形分類	○	0.427	0.438	0.224	0.437	—	—	—	—	—
標高	○	0.362	0.365	0.131	0.461	0.360	—	—	—	—
J-SAR	○	0.199	0.198	0.437	0.168	0.224	0.186	—	—	—
土壌	○	0.362	0.350	0.145	0.632	0.670	0.487	0.214	—	—
斜面方位	○	0.207	0.670	0.441	0.219	0.285	0.294	0.351	0.256	—
表層地質	○	0.289	0.281	0.151	0.433	0.544	0.685	0.159	0.378	0.197
谷密度	○	0.243	0.282	0.068	0.090	0.092	0.201	0.115	0.057	0.065

注）○：採用する。×：採用しない。

表－2 ミニマックス2群判別結果

判別事象	ケースA RADARSAT/SAR	ケースB JERS-1/SAR	評価図上 の色付け
判別前	トレーニングデータ 評価対象データ	40 17,960	40 17,960
2群 判別後	トレーニングデータ	危険性有 危険性無	38 2
	評価対象データ	危険性有 危険性無	1,184 16,776
	合計	危険性有 危険性無	1,222 16,778
	的中率	93.1%	95.6%

によってスコア値が付与された個体に対して、トレーニングデータを基準としたミニマックス2群判別を通して斜面安定性評価図を作成する¹⁾。ケースAとケースBに対する判別結果を表－2に示す。的中率を見ると、R-SARとJ-SARの違いに伴う「的中率の差」に有意な違いは認められない。一方、評価対象データの欄を見ると、J-SARに比べてR-SARは「危険性・有り」と判定される画素数が多いことが判る。この違いが斜面安定性評価図上にどのような違いとなって現れるのかについてさらに検討を進めた。

（2）差画像の作成と解釈：斜面安定性評価図は、ミニマックス2群判別を通して4つの情報に区分（表－2参照）されていることから、ケースAとケースBの斜面安定性評価図の違いを抽出する場合には、表－3のような組み合わせ事象となる。この組み合わせにしたがって差画像を作成した。表－3で示したケース6やケース7は、SARデータの違いに伴って評価結果が異なった箇所、換言すれば地表面粗度あるいは地形形状等が異なる箇所として、評価者の立場から見れば危険側評価領域と見なされる。これらの解釈は、SSEモデルから得られる評価図を組み合わせることによってのみ可能であることは言うまでもない。観測波長の異なるSARデータを導入した斜面安定性評価図の違いを抽出した差画像を介して、「崩壊危険側・安全側」といった2つの視点から多角的に評価を展開できる点が、今までにない研究の特色となる。

（3）レイオーバ領域図の併用：レイオーバ領域に該当する箇所は急傾斜面であり、しかも崩壊危険箇所である場所が多い。SSEモデルでは既崩壊地（トレーニングデータ）を基準として、その土地の性状と類似す

表－3 差画像の解釈

要素の組合せ (危険性の有無)	差画像の一般解釈		ケース名	差画像 上での 色付け
	ケースA	ケースB		
トレーニングデータ	有	有	崩壊「再発生」の可能性の高い領域。	ケース1 赤
		無	R-SARを使用したことによって崩壊危険性・有と判定された領域であり、評価者にとって「危険側評価領域」。	ケース2 茶
	無	有	J-SARを使用したことによって崩壊危険性・有と判定された領域であり、評価者にとって「危険側評価領域」。	ケース3 薄青
		無	崩壊「再発生」の可能性の低い領域。	ケース4 青
評価対象データ	有	有	崩壊の危険性の高い領域。	ケース5 緑
		無	R-SARを使用したことによって崩壊危険性・有と判定された領域であり、評価者にとって「危険側評価領域」。	ケース6 ピンク
	無	有	J-SARを使用したことによって崩壊危険性・有と判定された領域であり、評価者にとって「危険側評価領域」。	ケース7 橙
		無	崩壊の危険性の低い領域。	ケース8 白

注）ケースA：RADARSAT・SARデータと地理情報を併用して斜面安定性評価図を作成
ケースB：JERS-1・SARデータと地理情報を併用して斜面安定性評価図を作成

る箇所を抽出することから、レイオーバ領域にトレーニングデータが分布していれば、評価結果に反映されることになる。SARデータを適用する上での利点と言える。しかし、本研究ではレイオーバ領域を「質的カテゴリ」として数量化Ⅱ類に適用していることから、「レイオーバ領域」と「それ以外の領域」に対する評価結果の取り扱いには注意を要する。さらに、観測条件の異なるSARデータを使用する場合、レイオーバ領域が一致しないことにも注意を要する。対策として、本研究ではSARの観測原理に基づいてDTMからレイオーバ領域図を作成し、これを差画像と併用して評価者に提示することとした。SARデータの効用と限界を明らかにし、判りやすい支援情報を提供することは、SARデータの利用・普及を図っていく上で重要な要素になると言える。なお、差画像やレイオーバ領域図等のカラー画像については、口頭発表時に紹介する。

4. まとめ

本研究の内容は以下の2点にまとめられる。

①観測波長の異なるSARデータを用いて作成される評価図の違いを抽出した差画像を作成・分析した。

②差画像とその解釈支援情報（表－3）を活用すれば「崩壊危険側・安全側」といった2つの視点から評価を展開でき、崩壊防止計画等の各種事業計画策定時の支援情報として有用となることを示した。

今後の課題として、観測時期の異なるSARデータを適用した場合の崩壊危険箇所評価への影響について検討することを考えている。

謝辞：本研究では「平成10年度RADARSAT・SARデータ検証・評価研究助成（（財）リモートセンシング技術センター）から得たRADARSAT・SARデータを使用した。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献 1) 大林成行、小島尚人：自然シラス斜面の地盤特性を考慮した崩壊危険箇所評価方法の一提案、土木学会論文集、No.609/VI-41、pp.123～136、1998年12月